



IIS Alessandro Volta, Pescara
Specializzazioni di Informatica, Telecomunicazioni, Elettronica
(collaborazione con Meccanica)
In sinergia con il Comando **Artificieri Carabinieri Abruzzo**

ex.Robot [explosive Robot]

Robot controllato a distanza per la ricerca di ordigni sotto i veicoli.

Dal progetto alla realizzazione

Durante la competizione Robocup organizzata dall'IIS Volta nel **2013**, alcuni alunni stavano facendo prove con un drone dotato di telecamera con immagini trasmesse in tempo reale su un tablet di comando. Confrontandosi con gli artificieri del Comando dei Carabinieri di Chieti, è nata l'idea di realizzare un robot di minima altezza che potesse essere pilotato alla ricerca di ordigni sotto i veicoli con la possibilità di trasmettere immagini e foto a distanza. L'esigenza primaria è stata quella di eliminare gli enormi rischi di una indagine ravvicinata a lato del veicolo da ispezionare attraverso uno specchio. Il tutto a costi particolarmente contenuti per una larga diffusione del sistema.

Si è subito deciso di realizzare il progetto con doppia tecnologia di comando: wireless per la massima praticità in fase di addestramento e cablata per rispettare il protocollo che prevede nella fase operativa di spegnere qualsiasi portante di trasmissione radio perché potrebbe essa stessa fonte di innesco per l'ordigno.

I prototipi iniziali sono stati basati su ruote con notevoli problemi in caso di ostacoli o terreni erbosi, le ultime versioni dell'**ex.Robot** [explosive-robot] sono invece cingolate per il massimo della trazione.

Descrizione sintetica

Tale robot, come detto, è nato in collaborazione con gli Artificieri dei Carabinieri Abruzzo e prevede il controllo locale estremamente flessibile con un qualunque dispositivo dotato di browser (tablet/smartphone/netbook/pc). Tramite una connessione remota e criptata, è anche possibile, con il comando remoto, interpellare, in ogni parte del mondo, esperti a cui affidare il comando delle operazioni per visionare in tempo reale le immagini delle telecamere in alta definizione al fine di fornire informazioni utili agli agenti sul campo sul tipo di ordigno e sulle possibilità di disinnescamento.

La gestione delle operazioni avviene tramite web browser su qualsiasi piattaforma e indipendentemente dal sistema operativo utilizzato. Il **tablet/pc/netbook/smartphone**, in tecnologia IP, riceve in tempo reale il segnale audio/video dalle telecamere e può comandare l'**ex.Robot** tramite touch screen, oppure tastiera, oppure joystick a seconda delle esigenze.

Durante una rilevazione operativa, tutti i dispositivi a radiofrequenza devono essere disattivati nel raggio di 150 metri per evitare l'eventuale innesco accidentale dell'ordigno. Pertanto il robot deve possedere anche l'interfaccia di rete cablata (tramite connessione Ethernet), oltre all'interfaccia radio (Wi-Fi) disattivabile.



Le possibilità operative prevedono quindi:

- utilizzo tramite interfaccia di rete Wi-Fi, il sistema si può agevolmente utilizzare a scopi didattici, esercitazioni e simulazioni senza le difficoltà di gestione del lungo cavo Ethernet.
- Utilizzo tramite interfaccia di rete cablata per effettuare le operazioni sul campo in totale sicurezza con tutte le portanti radio disattivate.

La fase operativa impone che l'operatore sia lontano almeno 150 metri dal teatro delle operazioni. Quindi il problema del trasporto di quasi 200 metri di cavo è alquanto arduo per una struttura che deve essere agile, leggera e con altezza necessariamente limitata. Per garantire massima libertà di movimento all'ex.Robot è stato allora necessario introdurre un secondo robot, d'ora in poi chiamato **Shuttle**, con struttura e potenza idonea al trasporto di una bobina sulla quale è avvolto il cavo bipolare con opportuno sistema di trasmissione e meccanismo di rotazione della connessione a contatti striscianti.

Nelle figure seguenti sono schematizzate le due modalità operative:

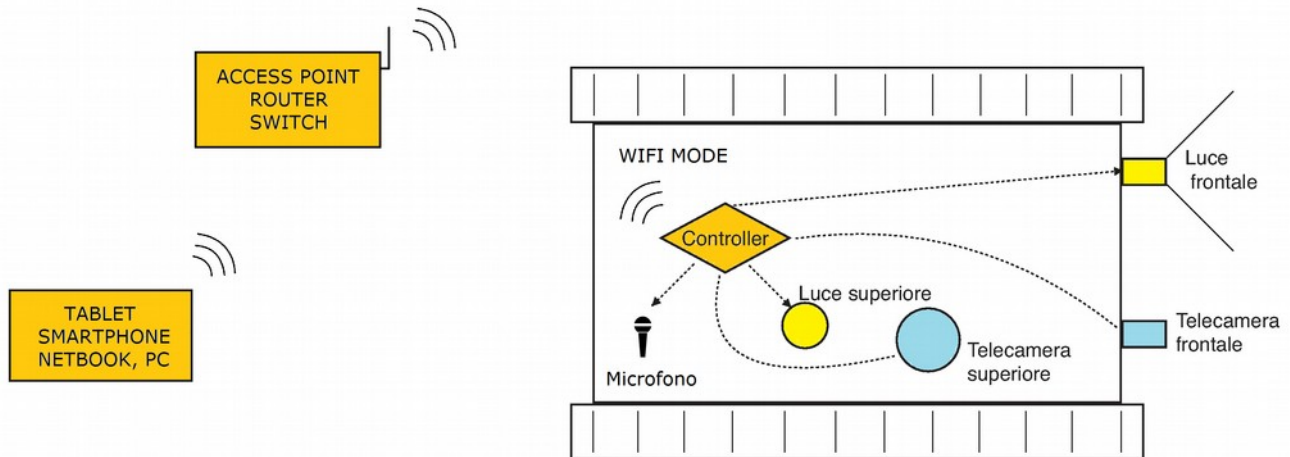


Figura 1 - Modalità WiFi

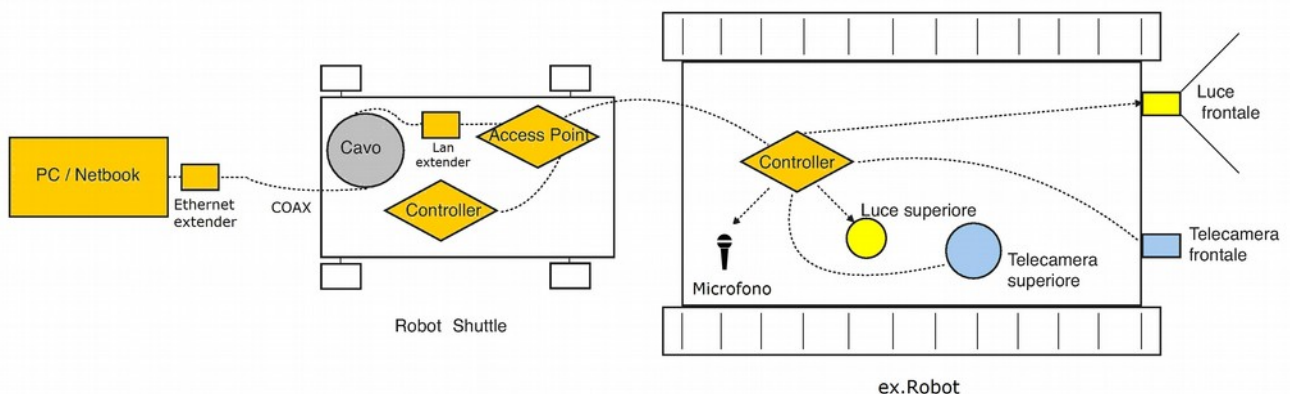


Figura 2 - Modalità Cablata

Il Robot Shuttle, oltre a trasportare la bobina, srotolarla durante la marcia in avanti e riavvolgerla durante la marcia indietro, trasporta l'**ex.Robot** sino al punto da ispezionare fornendo anche l'alimentazione supplementare in caso di operazioni di lunga durata (sistema POE).



Nell'ultima versione sono stati raggiunti al massimo **6 cm di altezza** per l'agevole indagine anche di veicoli dall'assetto ribassato come Ferrari o Lamborghini.

Elementi di innovazione

Le caratteristiche principali del sistema sono in sintesi:

1. utilizzo della tecnologia IP per l'immediata propagazione in rete locale e internet per comando remoto;
2. massima flessibilità di comando con qualsiasi dispositivo digitale dotato di browser per una totale indipendenza dall'hardware utilizzato e dal relativo sistema operativo (tablet/pc/netbook/smartphone/ecc. - android, linux, windows, ios, ecc.);
3. orientazione alla programmazione in ambiente operativo open source linux con riduzione costi per annullamento dei costi di licenza e creazione di sistemi open source;
4. predisposizione per sistema GPS con localizzazione geografica e tracciatura dei percorsi;
5. immediata registrazione direttamente in formato digitale di immagini, audio e video
6. utilizzo di componentistica a basso costo e di facile reperibilità;
7. utilizzo di componentistica a bassissimo consumo per una grande autonomia del sistema;
8. notevole ulteriore aumento della autonomia nelle operazioni sul campo grazie al sistema POE di alimentazione;
9. trazione dell'ex.Robot con 4 motori con motoriduttore con grande stabilità dei cingoli e facilità di superare ostacoli;
10. possibilità di pilotaggio semplificato di precisione con joystick;
11. diversificazione delle interfacce di azionamento dei motori;
12. sistema espandibile multielaboratore con impostazione di sistemi autonomi, dedicati e intercambiabili;
13. riutilizzo di batterie ai polimeri di litio recuperati da computer portatili;
14. uso di componenti di recupero come alzacristalli elettrici di vetture per gli azionamenti;
15. uso di tecnologie elettroniche e componenti ad altissimo rendimento per una drastica riduzione dei consumi ed una maggiore autonomia;
16. estrema modularità del sistema per il cambio immediato di batterie, interfacce, schede di comando, chassis, ecc.;
17. predisposizione per il montaggio di accessori di espansione (cannoncini ad acqua, mani robotiche, ecc.);
18. alimentatori switching di tensione DC/DC per la massima flessibilità nell'alimentazione dei vari dispositivi.

Impatti sugli apprendimenti

Il progetto è sì nato in modo lineare e modulare, ma comunque si è evoluto in un sistema complesso che abbraccia diversi ambiti e quindi con necessità di stretta cooperazione tra numerosi tecnici di diverse specializzazioni. Il primo importantissimo impatto sull'apprendimento riguarda quindi uno scambio efficace di informazioni tra i vari team sul piano operativo. Ogni gruppo deve quindi curare la documentazione in modo accurato per poter scambiare le informazioni tra i diversi specialisti e ciò costituisce un aspetto di grande valenza didattica e professionale. Inoltre una prevedibile e notevole quantità di problemi operativi da risolvere sul campo impone continui approfondimenti di estremo interesse tecnico che conduce gli alunni ad essere protagonisti della progettazione.



Gli impatti sull'apprendimento sono numerosi e riguardano ambiti notevolmente diversificati:

1. informatica:

1. programmazione ad alto livello in Php;
2. programmazione ad alto livello in Java;
3. installazione di server Apache;
4. gestione dei socket per il comando diretto degli azionamenti;
5. gestione degli streaming per il flusso video ad alta velocità e alta risoluzione;
6. gestione dei flessibile dei comandi, dal touch screen al comando da tastiera al joystick;
7. programmazione in ambiente operativo open source Linux;
8. stesura della documentazione;

2. elettronica

1. interfacciamento dei motori DC con diverse tecniche;
2. modulazione PWM per la variazione della velocità dei motori;
3. connessioni hardware orientate alla estrema intercambiabilità dei componenti;
4. studio del massimo rendimento e della riduzione delle perdite nell'interfacciamento;
5. elettronica di potenza;
6. protezione dai carichi induttivi;
7. sistema di trasmissione ad onde convogliate;
8. autodiagnosi elettronica;
9. sistema a connettori rotanti per lo svolgimento del cavo e riduzione dei disturbi da contatto;
10. gestione POE (power on ethernet);
11. gestione della GPIO della scheda elettronica;
12. variatori di tensione switching DC/DC;
13. alimentazioni diversificate e indipendenti degli apparati per riduzione dei disturbi;
14. studio della possibilità di comunicazione in fibra ottica;
15. stesura della documentazione;

3. telecomunicazioni

1. vettoriamento del segnale di rete LAN su coppia di fili con onde convogliate;
2. gestione della crittografia nelle comunicazioni per comando remoto;
3. gestione della sicurezza informatica del sistema con pilotaggio remoto;
4. gestione della sicurezza informatica in comunicazione wifi;
5. ottimizzazione delle comunicazioni a radiofrequenza;
6. evoluzione del sistema in fibra ottica;
7. stesura della documentazione.

Tecnologie utilizzate

- architettura IP di internet;
- server Apache;
- programmazione in PHP e Java;
- socket di comando;
- streaming video;
- modulazione PWM degli azionamenti;
- alimentazione dei motori a mosfet e a relè con ponti H per inversione del senso di rotazione;
- sistema POE (power on ethernet);



- trasmissione digitale ad onde convogliate;
- variatori di tensione DC/DC switching;
- evoluzione con trasmissione in fibra ottica.

Replicabilità e sostenibilità

La replicabilità è particolarmente grazie all'uso di componenti standard altamente reperibili e strumenti software open source non proprietari e multiplatforma.

Grande sostenibilità grazie ai materiali riciclabili e al riuso di varie parti come motori recuperati da alzacristalli di autovetture e recupero delle batterie al litio dei portatili.

Dotazioni dell'**ex.Robot**:

- Microcontrollore per la gestione del sistema;
- Interfaccia di rete con connessione RJ45 POE;
- Porte USB;
- Interfacce I/O seriali e parallele;
- Videocamera frontale per monitoraggio avanzamento;
- Videocamera superiore con messa a fuoco automatica per l'ispezione operativa;
- Microfono ambientale;
- Fari a LED per l'illuminazione del campo d'azione delle telecamere (frontale e superiore);
- Batteria ricaricabile per l'alimentazione dei motori, dei fari e del microcontrollore;
- Telaio leggero in alluminio;
- Trazione integrale per mezzo di cingoli;
- Motori in corrente continua con motoriduttore;
- Alimentatore switching dedicato;
- Alimentazione motori a velocità regolabile per avanzamento a controllo fine.

Dotazioni in sintesi del **Robot Shuttle**:

- Microcontrollore per la gestione del sistema;
- Interfaccia di rete con connessione RJ45;
- Porte USB;
- Interfacce I/O seriali e parallele;
- Bobina sulla quale è avvolto il cavo di rete coassiale;
- Sistema di srotolamento asservito del cavo di rete nella bobina durante la marcia di andata e arrotolamento durante la marcia di ritorno;
- Pianale di trasporto per l'**ex.Robot**;
- Fari di potenza a LED per l'illuminazione del campo d'azione;
- Trazione con gomme artigliate;
- Batteria supplementare di grande capacità per lo Shuttle e per l'**ex.Robot**;
- Access Point Router con funzioni di switch;
- Sistema a onde convogliate per l'utilizzo di cavo bipolare di comunicazione;
- Alimentatori switching dedicati;
- Alimentazione motori a velocità regolabile per avanzamento a controllo fine.



Specifiche tecniche delle schede di comando:

- **SoC** – Broadcom BCM2837 64bit ARMv8 quad core Cortex A53 processor @ 1.2GHz with
- **dual core VideoCore IV GPU** supporting OpenGL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode.
- **System Memory** – 1GB LPDDR2 / Storage – micro SD slot
- **Video & Audio Output** – HDMI 1.4 and 4-pole stereo audio and composite video port
- **Connectivity** – 10/100M Ethernet,
- **WiFi** 802.11 b/g/n up to 150Mbps and
- **Bluetooth** 4.0 LE (BCM43143 module)
- **USB** – 4x USB 2.0 host ports, 1x micro USB port for power
- **Expansion:** 40-pin GPIO header
- **MIPI DSI** for Raspberry Pi touch screen display / **MIPI CSI** for Raspberry Pi camera
- **Power Supply** – 5V up to 2.4A via micro USB / Dimensions – 85 x 56 x 17 mm

Progetto **ex.Robot**, IIS **Alessandro Volta**, Pescara. 2013 – in corso
Specializzazioni di Informatica, Telecomunicazioni, Elettronica
(in collaborazione con Meccanica)

In sinergia con il Comando **Artificieri Carabinieri Abruzzo**

Hanno partecipato:

Ideazione e stesura del progetto:

Prof. Renzo Delle Monache (Informatica)

Prof. Maurizio Orlando (Elettronica)

Gen. Sirimarco (Artificieri Carabinieri Chieti)

Mar. Aquino (Artificieri Carabinieri Chieti)